

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成6年(1994)8月16日

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバ母材をその一端部から加熱炉内に送りつつ、加熱炉内で加熱軟化された光ファイバ母材の一端部を引き取ることにより光ファイバを製造する方法において、加熱炉内に送り込む前の光ファイバ母材をあらかじめ未加工母材画像としてとらえておき、前記のごとく光ファイバを製造しているときに、光ファイバ製造時間の経過とともに短くなる光ファイバ母材の加工母材画像と、前記未加工母材画像とを比較演算して、光ファイバ母材の引き取り端部外径を前記未加工母材画像から読み取り、その引き取り端部外径の読み取り値に基づいて、加熱炉内への光ファイバ母材の送り速度を制御することを特徴とする光ファイバの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は加熱延伸手段により光ファイバ母材を線引きして光ファイバを製造するための方法に関する。

【0002】

【従来の技術】周知のとおり、石英系のごときガラス製の光ファイバは、その光ファイバ母材を加熱延伸（線引き）することにより製造される。具体的には、加熱炉内に送られた光ファイバ母材の軟化した端部を高速で引き取ることにより、長尺の光ファイバがつくられる。

【0003】かかる光ファイバ製造において、光ファイバ母材の送り速度を V_1 、光ファイバ母材の外径を D 、光ファイバの外径を d 、光ファイバ母材端部の引き取り速度を v_2 としたとき、送り速度 v_1 は、下記（1）式により定まる。

$$v_1 = (d/D)^2 \times v_2 \dots\dots\dots (1)$$

通常、光ファイバ母材の外径 D として、これの長さ方向にわたる平均値が採用されるので、一本の光ファイバ母材から外径の一定した光ファイバを連続してつくるときには、光ファイバ母材の送り速度 v_1 が一定に保持され、光ファイバ母材端部の引き取り速度 v_2 が制御される。すなわち、外径のほぼ一定した光ファイバを連続製造するとき、上記一方の速度 v_1 は、光ファイバ母材の線引き前（製造前）に固定値として設定され、上記他方の速度 v_2 は、その線引き中（製造中）に制御される調整値となる。

【0004】上述した製造方法において、一定外径の光ファイバをつくるとき、光ファイバ母材の長さ方向にわたる外径バラツキのないことが最も重要であり、これ以外にも、光ファイバ外径とその母材外径との比で定まる加工率の小さいことが大きなウエイトを占める。これらに対する技術的配慮から、線引き前の光ファイバ母材を加熱延伸手段により減径することが行なわれている。たとえば、 $125 \pm 1 \text{ mm}$ φの光ファイバをつくる際の母材外径が 65 mm φであれば、これを 40 mm φ程度の外径に引き落としてから光ファイバに線引きしてい

る。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】最近の傾向として、工程削減による省力化をはかるために、光ファイバ母材を減径することなく線引きすることが提案されている。しかし、この提案を実施するとき、光ファイバ母材の外径にバラツキ（凹凸）があるために線引き時における光ファイバの外径変動率が大きくなり、しかも、光ファイバ母材から光ファイバに加工する際の加工率（減径率）が大きいために線引き状態が安定せず、このような外径変動が顕著にあらわれる。ちなみに、減径工程を経る前記母材の場合は、母材表面が減径時の加熱により焼きなまされて平滑化するために光ファイバの外径変動率が小さくなり、前記加工率が小さいために線引き状態も安定する。もちろん、光ファイバが許容値を越えて外径変動したときは、光ファイバの外径精度、伝送特性、機械的特性、その他の特性が低下し、ひいては、光ファイバの不良率が高まる。

【0006】上述した光ファイバの外径変動を抑制する手段として、光ファイバ母材の引き取り端部外径を測定し、これに応じて光ファイバ母材の送り速度 v_1 を制御することが考えられるが、加熱炉内にあって高温化している当該引き取り端部の外径を測定するのは、實際上、困難である。なお、光ファイバの製造とともに短くなる光ファイバ母材の現在長さ L_n は、光ファイバ母材の長さを L 、光ファイバ母材の単位時間あたりの消耗量（長さ）を $\Delta L/t$ 、線引き経過時間を T とした場合、下記（2）式より求められる。

$$L_n = L - \{ (\Delta L/t) \times T \} \dots\dots\dots (2)$$

さらに、光ファイバ母材の長さ方向にわたる各部の外径も、これを実測することにより既知データとして利用できる。したがって、上記（2）式より光ファイバ母材の現在長さ L_n を求めて、これの引き取り部位（引き取り端部）を特定し、その引き取り端部外径を上記実測値から導き出すことができるかのごとくである。しかし、光ファイバ母材の単位時間あたりの消耗量 $\Delta L/t$ は、光ファイバ母材の外径のバラツキにより変動するので、これを正確に求めることができず、上記（2）式を有効に利用することができない。これ以外に、光ファイバの線引き直後の外径を測定し、その測定値に基づいて光ファイバ母材端部の引き取り速度 v_2 をフィードバック制御することが行なわれているが、かかるフィードバック制御の場合は、すでに引き取られた光ファイバの外径測定値に基づいて、これから引き取ろうとする引き取り端部の引き取り速度 v_2 を制御しようとするものであるから、制御上の応答性が悪く、光ファイバ外径が設定値どおりに仕上がらない。

【0007】【発明の目的】本発明はこのような技術的課題に鑑み、光ファイバ母材を加熱延伸（線引き）する際の制御性を高めて高品質の光ファイバを連続製造する

3

こののできる方法を提供しようとするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は所期の目的を達成するために、光ファイバ母材をその一端部から加熱炉内に送りつつ、加熱炉内で加熱軟化された光ファイバ母材の一端部を引き取ることにより光ファイバを製造する方法において、加熱炉内に送り込む前の光ファイバ母材をあらかじめ未加工母材画像としてとらえておき、前記のごとく光ファイバを製造しているときに、光ファイバ製造時間の経過とともに短くなる光ファイバ母材の加工母材画像と、前記未加工母材画像とを比較演算して、光ファイバ母材の引き取り端部外径を前記未加工母材画像から読み取り、その引き取り端部外径の読み取り値に基づいて、加熱炉内への光ファイバ母材の送り速度を制御することを特徴とする。

【0009】

【作用】本発明に係る光ファイバの製造方法において、光ファイバ母材をその一端部から加熱炉内に送りつつ、加熱炉内で加熱軟化された光ファイバ母材の一端部を引き取ると、光ファイバ母材は光ファイバ製造時間の経過とともに短くなる。

【0010】本発明方法において、加熱炉内に送り込む前の光ファイバ母材は、これをカメラにより未加工母材画像としてとらえ、かつ、既知のデータとして画像処理装置に記憶させておき、光ファイバに加工されながら時間の経過とともに短くなる光ファイバ母材は、これを加工母材画像としてカメラにより定常的にとらえて画像処理装置に入力する。したがって、線引き前（製造前）の光ファイバ母材の長さ、および、その長さ方向にわたる各部の外径については、未加工母材画像から知ることができ、線引き中（製造中）の光ファイバ母材の長さについては、加工母材画像よりリアルタイムで知ることができる。

【0011】本発明方法は、このようにして光ファイバを製造しているときに、光ファイバ製造時間の経過とともに短くなる光ファイバ母材の加工母材画像と光ファイバ母材の未加工母材画像とを画像処理装置により比較演算して、光ファイバ母材の現在の引き取り部位（引き取り端部）を求め、その引き取り部位に対応する光ファイバ母材の外径を前記未加工母材画像から読み出す。すなわち、加熱炉内にあって測定が困難な光ファイバ母材の引き取り端部外径を、これら未加工母材画像、加工母材画像から求める。かくて、光ファイバ母材の引き取り端部外径が判明するとき、その引き取り端部外径に基づいて加熱炉内への光ファイバ母材の送り速度を適切に制御することにより、外径の一定した光ファイバが連続して得られる。

【0012】

【実施例】本発明に係る光ファイバの製造方法について、図示の一実施例を参照して説明する。図1におい

4

て、11は光ファイバ母材F₁₁の送り装置、21は光ファイバ母材F₂₁を加熱軟化させるための加熱炉、31は光ファイバF₂₁の外径測定器、41は光ファイバF₂₁の被覆装置、51は光ファイバ母材F₁₁の引き取り装置、61は被覆光ファイバF₃₁の巻き取り装置をそれぞれ示す。

【0013】送り装置11は、ゲートパルス発生回路12および比較器13を有するモータ14と、ネジ軸15を含む伝動系16と、光ファイバ母材F₁₁用のクランプ型保持具17とを備えている。上記において、保持具17は、正逆回転可能な伝動系16のネジ軸15に組みつけられて上下動自在に支持されており、かつ、モータ14の回転が伝動系16のネジ軸15へ伝えられるようになっている。

【0014】加熱炉21は、清浄な雰囲気中に保持するための耐熱材製の炉殻22と、その炉殻22内に配置されたリング状の電気ヒータ23とを備え、電気ヒータ23には温度制御器24が組みつけられている。

【0015】外径測定器31は、光ファイバF₂₁に対して、これの外径を非接触検知するための光学センサを主体にして構成されている。外径測定器31は、加熱炉21の直下において、これとタンデムに配置されている。

【0016】被覆装置41は、加圧ガスの導入管42および被覆材料の供給管43を有する被覆材料容器44と、ダイス型のコーティング器45とを備え、図示しないガスボンベが導入管42の基端に接続されているとともに、供給管43の先端がコーティング器45に接続されている。被覆装置41のコーティング器45は、外径測定器31の直下において、これとタンデムに配置されている。

【0017】引き取り装置51は、ゲートパルス発生回路52と比較器53とを有するモータ54、伝動系55、引き取りローラ56などを備え、モータ54の回転が伝動系55を介して引き取りローラ56へ伝えられるようになっている。さらに、引き取り装置51の引き取りローラ56は、これの接線とコーティング器45の軸線とが互いに一致するように、コーティング器45の直下に配置されている。

【0018】巻き取り装置61は、ボビン62を保持してこれを回転させるための回転機械63と、回転機械63に動力を付与するためのモータ64とからなる。

【0019】上記において、光ファイバF₂₁を被覆するための被覆材料は、一例として、常温硬化性樹脂からなり、他の一例として、紫外線硬化性樹脂または熱硬化性樹脂からなり、このような被覆材料が、未硬化の液状状態において被覆装置41の被覆材料容器44内に収容されている。光ファイバF₂₁の被覆材料が常温硬化性樹脂からなるとき、図1に例示したように、被覆材料の硬化手段は不要であるが、被覆材料が紫外線硬化性樹脂からなるときは、コーティング器45と引き取りローラ56

5

との間に樹脂硬化用の紫外線照射器が配置され、被覆材料が熱硬化性樹脂からなるときは、コーティング器45と引き取りローラ56との間に樹脂硬化用の加熱器が配置される。その他、引き取り装置51と巻き取り装置61との間に、被覆光ファイバF₃₁を一時的に貯留するためのアキュムレータが介在されることもある。

【0020】図1において、71は工業テレビジョン(ITV)カメラ72を含む画像処理装置を示し、73は中央演算処理装置(CPU)を備えた制御盤(プロセスコントローラ)を示す。

【0021】画像処理装置71に接続されているカメラ72は、線引き前および線引き中の光ファイバ母材F₁₁をそのレンズ系の視野内に入れるために、加熱炉21の上位に配置されている。

【0022】制御盤73は、比較器13、温度制御器24、外径測定器31、比較器53、画像処理装置71など、これらへ所定の信号を送るために、および/または、これらから所定の信号を受けるために、これらと電気的に接続されている。

【0023】上述した機械系、化学系(加熱処理を含む)、電気系、光学系などの各装置とこれらの部品および付属品などは、この種の技術分野において公知ないし周知であり、市販の既製品も利用することができる。上述した光ファイバ母材F₁₁はガラス製であり、これの代表例として、石英系のものをあげることができる。

【0024】図1において、光ファイバを製造するとき以下ようになる。はじめに、光ファイバ母材F₁₁は、これの上端部(把持部)が送り装置11の保持具17により保持されて吊り下げられる。このときの光ファイバ母材F₁₁をカメラ72により未加工母材画像F₁₂としてとらえ、これを画像処理装置71に入力すると、画像処理装置71は、入力された未加工母材画像F₁₂に基づいて、光ファイバ母材F₁₁の長さ、光ファイバ母材F₁₁の長さ方向にわたる各部の外径、光ファイバ母材F₁₁の基準位置などを記憶する。図2は、画像処理装置71に入力された未加工母材画像F₁₂の一例をあらわしている。

【0025】つぎに、送り装置11のモータ14を駆動させると、モータ14の回転が伝動系16から保持具17に伝わり、保持具17がネジ軸15の送りを受けて下降するので、光ファイバ母材F₁₁は、加熱炉21内に進入かつ下降しながら、その一端部(下端部)が電気ヒータ23により加熱軟化される。通常、光ファイバ母材F₁₁の軟化した端部すなわち引き取り端部は、本格的な線引きに入る前の試運転において引き取られ、当該線引きにより形成されたテストファイバが、外径測定器31内、被覆装置41のコーティング器45内に順次引き通され、かつ、引き取り装置51の引き取りローラ56を経由して巻き取り装置61のボビン62に巻きつけられる。したがって、以降の引き取り作業において、引き取りローラ56を前記光ファイバ母材F₁₁の送り速度より

6

も高速で回転させたとき、光ファイバ母材F₁₁の引き取り端部が引き取りローラ56を引き取られて極細の光ファイバF₂₁が連続製造されることとなる。

【0026】本格的な線引きにおいて、光ファイバ母材F₁₁の引き取り端部を引き取るべく引き取り装置51のモータ54を駆動させると、モータ54の回転が伝動系55を介して引き取りローラ56に伝わり、引き取りローラ56が回転する。引き取りローラ56の回転にともない、光ファイバ母材F₁₁の引き取り端部が既述のごとく引き取られて光ファイバF₂₁がつくられたとき、光ファイバF₂₁は外径測定器31により外径測定され、その後、コーティング器45内を通過するときに樹脂被覆(一次被覆)されて被覆光ファイバF₃₁となる。なお、被覆装置41の場合は、導管42からの加圧ガスを介して被覆材料容器44内に内圧をかけると、該容器43内の被覆材料が供給管43からコーティング器45内に供給されるようになる。以下、被覆光ファイバF₃₁が引き取りローラ56を経由して巻き取り装置61側へ走行したとき、巻き取り装置61がモータ64のオンにより回転機械63を回転させ、かつ、ボビン62を回転させているので、被覆光ファイバF₃₁はボビン62により巻き取られる。

【0027】上記のごとく光ファイバF₂₁を製造しているときの光ファイバ母材F₁₁は、自明のとおり、時間の経過とともに短くなる。こうして短小化していく光ファイバ母材F₁₁は、これをカメラ72により加工母材画像F₁₃として定常的にとらえ、画像処理装置71に入力する。図3は、画像処理装置71に入力された加工母材画像F₁₃の一例をあらわしている。

【0028】画像処理装置71は、線引き前の光ファイバ母材F₁₁を未加工母材画像F₁₂として記憶しており、線引き時間の経過とともに短くなる光ファイバ母材F₁₁が加工母材画像F₁₃として入力されたときにこれらを比較演算(画像処理)し、現在の引き取り端部外径を以下のようにして導く。図2において、Pは未加工母材画像F₁₂の基準点を示し、Lは基準点Pからの未加工母材画像F₁₂の基準長さを示している。光ファイバ母材F₁₁に既述の送りをかけて時間T₁が経過したとき、光ファイバ母材F₁₁の下端部は、図3の基準点Pを参照して明らかかなように、距離ΔL₁だけ移動し、加熱炉21内の電気ヒータ23に達する。この時点に達するまでの間、光ファイバ母材F₁₁の下端部が加熱軟化されて線引き可能な状態となる。上記に引き続き、光ファイバ母材F₁₁に送りをかけてこれの線引きを開始し、時間T₂が経過したとき、光ファイバ母材F₁₁の下端部は、図3の基準点Pを参照して明らかかなように、距離ΔL₂だけ移動する。すなわち、このΔL₂は、光ファイバ母材F₁₁の消耗長さである。したがって、画像処理装置71において、前記基準点Pを基準に未加工母材画像F₁₂と加工母材画像F₁₃とを重ね合わせたとき、すなわち、L-ΔL

7

2を演算したとき、光ファイバ母材F₁₁の現在長さL_nが求まり、ひいては、光ファイバ母材F₁₁の引き取り部位(引き取り端部)がわかる。さらに、画像処理装置71は、光ファイバ母材F₁₁の長さ方向にわたる各部の外径も記憶しているから、L-ΔL₂またはΔL₂に基づいて現在の引き取り端部外径を読み出す。このようにして読み出される引き取り端部の外径は、光ファイバ母材F₁₁が経時変化とともに短小化していくので、光ファイバ母材F₁₁の長さ方向に対応して変化する。

【0029】画像処理装置71は、上記のごとく読み出した光ファイバ母材F₁₁の引き取り端部外径(出力信号)を制御盤73へ入力する。これを受けた制御盤73は、引き取り部位の母材外径が変化したか否かを演算し、その演算結果に応じた制御信号を出力する。制御盤73の演算結果には、「(1)母材外径に変化なし」「(2)母材外径が大きくなった」「(3)母材外径が小さくなった」の三通りがあり、演算結果(1)が出たとき、制御盤73は光ファイバ母材F₁₁の送り速度を現状維持させるための信号(基準設定信号)を出し、演算結果(2)が出たとき、制御盤73は光ファイバ母材F₁₁の送り速度を減速させるための信号(減速指示信号)を出し、演算結果(3)が出たとき、制御盤73は光ファイバ母材F₁₁の送り速度を増速させるための信号(増速指示信号)を出す。かかる制御信号は、光ファイバ母材F₁₁の送り速度を適切に保持するために、すなわち、送り装置11のモータ14を制御するために、制御盤73から送り装置11の比較器13へ入力される。比較器13には、ゲートパルス発生回路12を介してモータ14の現在回転数が常に入力されている。したがって、比較器13は、制御盤73からの前記制御信号とモータ14の現在回転数とを比較し、これらに差異が生じているときのみ、モータ14の回転数を補正して、光ファイバ母材F₁₁の送り速度をこれの引き取り端部外径に応じたものに調整する。かくて、光ファイバ母材F₁₁の送り速度が、これの引き取り端部外径に応じたものに調整されるとき、光ファイバ母材F₁₁の外径にバラツキがあっても、これに起因した光ファイバF₂₁の外径変動が生ぜず、外径の一定した光ファイバF₂₁が安定して得られる。

【0030】制御盤73は、光ファイバ母材F₁₁の送り速度のほかに、加熱炉21の温度、引き取り装置51の引き取り速度なども制御する。加熱炉21の温度を制御するとき、炉殻22内の測定温度と制御盤73からの温度制御信号とが温度制御器24において比較され、これらに差異が生じているときのみ、温度制御器24が電気ヒータ23の温度を調整する。引き取り装置51の引き取り速度を制御するとき、外径測定器31により測定した光ファイバF₂₁の外径測定値が制御盤73に入力され、制御盤73がその外径測定値に基づく所定の制御信

8

号(モータ54の制御信号)を引き取り装置51の比較器53へ入力する。比較器53には、ゲートパルス発生回路52を介してモータ54の現在回転数が常に入力されている。したがって、比較器53は、制御盤73からの前記制御信号とモータ54の現在回転数とを比較し、これらに差異が生じているときのみ、モータ54の回転数を補正して、光ファイバ母材F₁₁の引き取り速度を光ファイバF₂₁の外径設定値に応じたものに調整する。

【0031】本発明方法に関する実験例において、減径していない外径6.5mmφ光ファイバ母材を用い、図1に例示した手段で光ファイバを製造したところ、母材の引き取り速度が300/min付近において安定し、外径125±1μmφの光ファイバが連続的に得られた。

【0032】これと比較すべき従来法として、図1に例示した手段において、上記と同じ光ファイバ母材を用い、かつ、母材の送り速度を一定にして光ファイバを製造したところ、125±1μmφを得るのに、母材の引き取り速度が185〜520/minの範囲内で変動した。

【0033】

【発明の効果】本発明方法によるときは、光ファイバ母材を加熱延伸手段で線引きして光ファイバを製造するとき、光ファイバ母材の未加工母材画像、加工母材画像から求めた引き取り端部外径に基づいて、光ファイバ母材の送り速度を制御するから、光ファイバ母材の外径のバラツキに起因した光ファイバの外径変動を抑制することができ、ひいては、外径精度、伝送特性、機械的特性などの優れた光ファイバを安定して得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明方法の一実施例に係る略示図である。

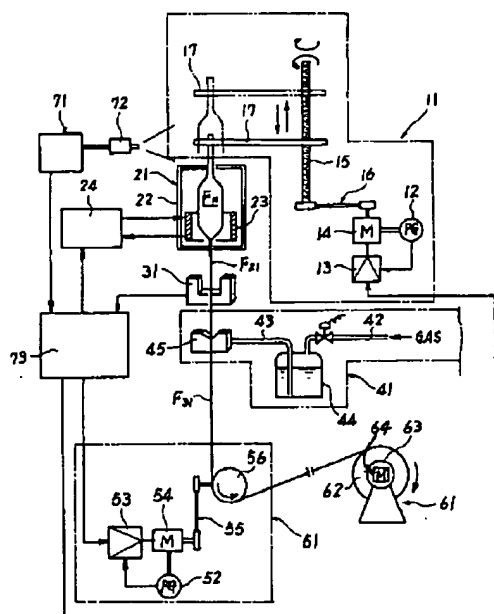
【図2】本発明方法において線引き前の光ファイバ母材を未加工母材画像としてとらえたときの略示図である。

【図3】本発明方法において線引き中の光ファイバ母材を加工母材画像としてとらえたときの略示図である。

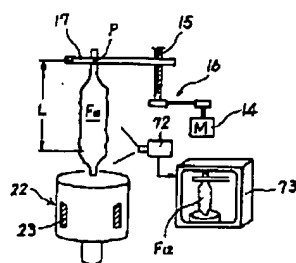
【符号の説明】

- 11 送り装置
- 21 加熱炉
- 51 引き取り装置
- 71 画像処理装置
- 72 カメラ
- 73 制御盤
- F₁₁ 光ファイバ母材
- F₁₂ 未加工母材画像
- F₁₃ 加工母材画像
- F₂₁ 光ファイバ
- F₃₁ 光ファイバ母材

【図1】



【図2】



【図3】

